

国家气候变化对策协调小组办公室 / 中国21世纪议程管理中心 著

全球气候**变化**

—人类面临的挑战

**Global Climate
Change** : A Challenge for Humankind

 商务印书馆

THE CHANGING CLIMATE OF THE WORLD

全球气候 变化

——人类面临的挑战

中国环境科学出版社
北京

中国环境科学出版社

全球 气候 变化

——人类面临的挑战

国家气候变化对策协调小组办公室 著
中国 21 世纪议程管理中心

商 德 中 书 馆

2004 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

全球气候变化:人类面临的挑战/国家气候变化对策
协调小组办公室,中国21世纪议程管理中心著. —北京:
商务印书馆,2004

ISBN 7-100-04183-X

I. 全... II. ①国...②中... III. 气候变化—研究
IV. P467

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第047235号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

全球气候变化

——人类面临的挑战

国家气候变化对策协调小组办公室 著
中国21世纪议程管理中心

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)

商务印书馆发行

北京瑞古冠中印刷厂印刷

ISBN 7-100-04183-X/P·11

2004年9月第1版 开本787×960 1/16

2004年9月北京第1次印刷 印张21½

定价:38.00元

参加编写人员

(以姓氏笔画为序)

丁一汇	马爱民	王伟中	王邦中	吕学都	孙 冷
孙翠华	许晓明	张 锦	张松梅	李玉娥	李丽艳
李 京	宋亚芳	陈云浩	赵 军	林而达	高广生
高 风	郭日生	徐华清	徐 影	黄 晶	韩颖达

前 言

气候作为人类赖以生存的自然环境的一个重要组成部分,它的任何变化都会对自然生态系统以及社会经济产生不可忽视的影响。科学研究表明,近百年来,全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。全球气候变暖与人类活动密切相关。自工业革命以来,人类过度使用煤炭、石油和天然气等化石燃料,排放出大量的温室气体是导致全球气候变暖的主要原因,而大面积的森林砍伐和草原破坏则加剧了全球气候变暖的进程。政府间气候变化专门委员会(IPCC)在第三次评估报告中指出,1860年以来,全球平均温度升高了 $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。近百年来最暖的年份均出现在1983年以后。20世纪北半球温度的增幅,可能是过去1000年中最高的。观测表明,全球气候变暖对全球许多地区的自然生态系统已经产生了重要影响,如海平面升高、冰川退缩、冻土融化、河(湖)封冻期缩短、中高纬生长季节延长、动植物分布范围向南北极区和高海拔区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前;与全球气候变暖关系密切的一些极端事件,如厄尔尼诺、干旱、洪水、热浪、雪崩和风暴、沙尘暴、森林火灾等,其发生频率和强度也有所增加。预计到2100年,地球平均地表气温将比1990年上升 $1.4^{\circ}\text{C} \sim 5.8^{\circ}\text{C}$,全球平均海平面将比1990年上升 $0.09 \sim 0.88\text{m}$ 。一些极端事件(如高温天气、强降水、热带气旋、强风等)发生的频率会增加。

全球气候变化对人类社会的影响将是全方位、多尺度和多层次的,它不仅会严重影响到人类赖以生存的生态环境系统,而且会对人类社会的发展产生深远的影响,甚至有可能危及人类社会的生存。全球气候变化问题已经逐渐成为全球共同关注的热点问题。随着科学技术水平日新月异的发展,人类对全球气候变化问题的认识也不断深入,全球合作共同应对气候变化的步伐逐渐加快。在科学研究方面,政府间气候变化专门委员会(IPCC)的三个工作组自1988年以

来,在气候变化科学的现状、气候变化对社会和经济的潜在影响以及适应和减缓气候变化的可能对策等方面开展了大量的工作并发布了三次评估报告,为各国政府和国际社会提供了比较权威的科学信息。在政府间的谈判方面,自1990年联合国大会决定为缔结公约开始政府间谈判以来,至今已经历了14年,通过世界各国的共同努力,国际社会先后制定了《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》、《波恩协定》、《布宜诺斯艾利斯行动计划》、《马拉喀什协定》和《德里宣言》等一系列重要文件,这些重要文件在加强全球共识和减缓全球气候变化的过程中发挥了关键作用。

全球气候变化一直是国际可持续发展领域的一个焦点问题,围绕气候变化的争论和谈判从表面上看是关于全球气候变化原因的科学问题和减少温室气体排放的环境问题,但本质上是一个涉及各国社会、经济、政治和外交的国家利益问题。因此,各国为了维护自身的利益,展开了旷日持久的谈判和针锋相对的斗争。气候变化领域的矛盾多重交织,形势复杂多变,从《联合国气候变化框架公约》到《京都议定书》,从美国退出《京都议定书》到《马拉喀什协定》,从世界可持续发展首脑会议到《德里宣言》,从莫斯科世界气候大会到米兰气候变化公约第九次缔约国大会,我们清楚地看到了全球气候谈判艰难曲折的过程,由此产生的围绕气候变化问题的国际斗争也变得错综复杂而且日益尖锐,人类共同保护气候的征程任重而道远。但是,气候变化给人类带来的挑战是不容回避的,人类要么在智慧、开明和勇气中找到全球解决的方案,要么则只能等到亲身体验到气候变化带来的损害并难于再忍受下去的时候,才开始采取行动。然而,真正的风险在于气候变化所造成的影响往往是不可逆的,人类必须在未来付出更大代价的风险和为长远利益而放弃部分眼前利益之间做出选择。

当今世界,可持续发展的观念已深入人心,世界各国都在为实现全球的可持续发展而共同努力,而全球气候变化问题是实现这个目标的主要障碍之一,成为人类共同面对的严峻挑战。在人类应对全球气候变化挑战的进程中,一项重要的工作就是提高公众的气候变化意识,只有全民动员起来,共同加入减缓全球气候变化的行动之中,才能保护全球气候,为实现全球的可持续发展奠定坚实的基础。为此,我们结合正在实施的联合国开发计划署(UNDP)援助项目“中国准备



初始国家信息通报的能力建设”中的“增强气候变化公众意识及其活动”专题，与长期工作在气候变化国际谈判一线的有关领导和工作人员以及该领域的知名专家共同编写了这部全面介绍全球气候变化问题的读物，以增进我国普通公众对全球气候变化产生的原因及其影响的认识，帮助公众了解国际社会在解决气候变化方面的努力，提高公众参与减缓全球气候变化及其相关活动的主动性。

全书共分六章。第一章从地球大气圈的基本特征以及全球气候变化的基础知识入手，把温室效应原理作为认识全球气候变化的重要内容，从科学的角度解释了造成全球气候变化的原因。第二章从理论角度说明了温室气体排放对全球气候变暖的影响，并通过世界各地大量的气候观察数据，从经验角度进一步验证全球气候变暖这个客观现象的存在；本章还对全球气候变化的机理进行了讨论，根据不同排放情景对未来 100 年气候变化做了预测并对气候变化预测的不确定性进行了分析。全球气候变化对人类社会产生的影响是复杂而深远的，本书在第三章着重描述了全球气候变化对自然生态系统和人类社会经济系统的影响，包括对水资源、海洋、森林、草地、山区、湖泊、植被与生物多样性等自然生态系统的影响，对农业和粮食安全、人类健康、人居环境、能源与工业、保险和其他金融服务等方面的影响，同时结合我国不同地区的生态敏感性和适应性的差异，对未来气候变化的脆弱性进行了评估，并提出了一些增强适应性，减少脆弱性的建议。第四章详细讨论了减少温室气体排放的各种技术措施和经济政策手段，并分析了各种减排措施的成本和效益，同时介绍和讨论了主要发达国家针对气候变化采取的政策与措施。全球气候变化问题是一个典型的全球公共物品问题，容易导致“供给不足”和“免费搭乘”，只有世界各国通力合作，才有可能从根本上减缓全球气候变暖。因此，国际谈判和国际合作将在解决气候变化问题的过程中扮演重要的角色，本书将全球气候变化谈判单独成章，即第五章，重点围绕《气候变化框架公约》和《京都议定书》，对国际气候变化制度的核心内容及其谈判进程作了全面、详尽的介绍和分析，以使读者对国际气候谈判及合作的复杂过程有一个比较清晰的了解。本书第六章在综合前面各章的基础上，揭示了全球气候变化问题的实质，使读者加深对全球气候变化中的公平性问题、排放权的分配问题以及实质性减排等问题的认识，并进一步联系我国的具体国情，结合我国发展



的实际需要,分析全球气候变化对我国社会经济发展的影响与挑战,提出了我国应对全球气候变化的策略与措施。

总之,本书从六个不同的层面对全球气候变化问题进行了较为全面的讨论和分析,试图把全球气候变化这个复杂的问题以深入浅出的方式介绍给广大读者。希望本书的出版能够增进我国公众对全球气候变化问题的认识,提高公众的全球气候变化意识水平,为广大公众参与减缓全球气候变暖以及保护全球气候的各项行动起到积极的推动作用。

目 录

前 言	1
第一章 气候变化的背景知识	1
第一节 地球——人类惟一的家园	1
第二节 气候变化与温室效应	16
第二章 对气候变化问题的科学认识	36
第一节 观测事实与未来的全球气候变化	37
第二节 全球气候变化机理	62
第三节 气候变化预测的不确定性	67
第三章 气候变化的影响、适应性和脆弱性	70
第一节 气候变化对自然生态的影响	70
第二节 气候变化对人类社会活动的影响	79
第三节 全球各区域脆弱性评价	87
第四节 我国未来气候变化的脆弱性评估	93
第五节 适应能力与减少脆弱性	96
第六节 气候变化影响评价的不确定性	103
第四章 减缓气候变化	106
第一节 温室气体排放情景	106
第二节 减缓温室气体排放的技术和经济潜力	113
第三节 减排的成本与效益分析	118



第四节	减排的政策、措施和手段	123
第五节	主要发达国家的气候变化政策	133
第五章	气候变化国际谈判的历程	139
第一节	国际气候变化谈判总体进展	139
第二节	气候变化与国家信息通报	153
第三节	《京都议定书》三机制	170
第四节	土地利用、土地利用变化与林业	194
第五节	技术转让	201
第六节	能力建设	212
第七节	履约机制	217
第八节	政府间气候变化专业委员会与气候变化科学评估报告	231
第六章	气候变化的实质和中国应对策略	247
第一节	气候变化问题的实质	247
第二节	中国与气候变化相关的基本国情	255
第三节	中国在减缓温室气体排放量增长方面的贡献	262
第四节	气候变化对中国社会经济发展的可能影响和挑战	271
第五节	中国应对气候变化的策略	274
参考文献	297
附录一	缩略语	300
附录二	联合国气候变化框架公约	303
附录三	《联合国气候变化框架公约》京都议定书	316
后记	332

气候变化的背景知识

第一章

近百年来全球和中国的气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。它对世界和中国的生态系统和社会经济产生了并将继续产生重大的影响。目前全球变暖问题已成为各国政府和科学界共同关心的重大问题,也是中国政府和科技界十分关心的重大问题。地球是人类惟一的家园,地球上良好适宜的气候与环境是人类生存和社会经济发展的必要条件,也是维持整个社会可持续性发展的重要前提。因而防止气候向不利的方向发展、阻止其恶化是全人类共同的任务和使命。气候的变化是由于地球的气候系统受到了不同程度的扰动而引起的。除了自然的因素,如地球的轨道和自转变化以及太阳辐射、火山爆发等外,使气候系统产生扰动的另一重要驱动力是由人类活动导致的温室气体大气浓度的增加,其中最重要的温室气体是二氧化碳(CO₂)。温室气体通过其温室效应促进了全球变暖。为了从科学上深入了解气候变化问题,本章将对有关气候变化的一些主要科学背景知识作一简明的介绍,尤其是温室气体大气含量自工业化(1750年)以来的变化以及温室效应的原理等。有了这些背景知识,可以帮助理解以后几章深入讨论的各种科学和政策问题。

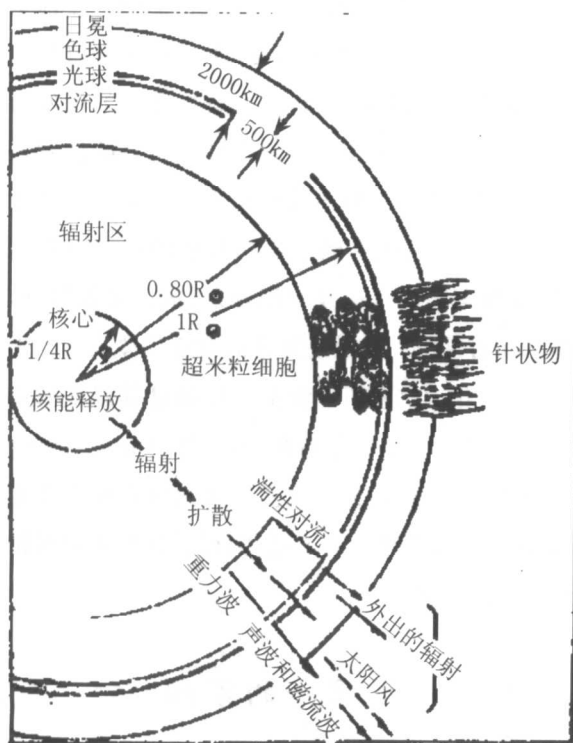
第一节 地球——人类惟一的家园

一、行星地球

在茫茫宇宙中,地球只是一颗普通的行星,它不停地绕着太阳运行,接受太阳光热的哺育,演化成一颗生机盎然的星球。太阳是离地球最近的一颗恒星,是地球光热之源,太阳的位置、结构及其活动对地球气候有着重要的影响。

(一) 太阳与地球气候

太阳是太阳系的中心,而地球只是太阳系中一颗普通的行星。地球沿着椭圆形轨道绕太阳运行,太阳处在椭圆的焦点之一上。每年1月初地球和太阳最接近,距离约为 $1.471 \times 10^8 \text{ km}$,地球的这个位置称为近日点。7月初离太阳最远,距离约为 $1.521 \times 10^8 \text{ km}$,这个位置则称为远日点。日地平均距离为 $1.496 \times 10^8 \text{ km}$,这个距离被确定为一个天文单位。



太阳物质处于高度电离状态,它是个炽热的等离子气态球体,其外层可以分为光球、色球和日冕三层(图1-1)。光球为肉眼所见光亮夺目的太阳表面,太阳大气的最低层,分布有黑子和光斑。黑子是强磁场形成的旋涡,多半成对或成群出现。黑子温度约 4500 K ,在明亮的光球背景下显得暗黑。黑子是明显的太阳活动区,消长周期约11年,而一个完整的黑子磁周期约22年。色球位于

图1-1 太阳结构示意图(据刘南威,2001) 光球之上,它最引人注目的是耀斑活动。耀斑是色球突然爆发,表现为特别明亮的斑块,它来势猛、能量大,在 $100 \sim 1000 \text{ s}$ 的时间内,释放出相当于太阳在一般情况下1秒钟辐射的总能量。从耀斑中发出的有可见光、紫外线、X射线、红外线、射电辐射、高能粒子流和宇宙线等。耀斑是太阳活动的重要角色,绝大多数耀斑出现在黑子群周围,当



黑子增多时,易触发耀斑的爆发。日冕在色球层之外,为极稀薄的太阳最外层大气,由高温低密度的等离子体组成。日冕主要产生太阳风,它是太阳磁场开放的区域。黑子、耀斑等太阳活动能引起太阳辐射的改变,从而导致气候的相应变化。

太阳是太阳系光热的主要源泉,是地球能量的主要供给者。太阳以电磁波形式不断地向外辐射能量,称为太阳辐射。太阳辐射能量主要集中在狭窄的 $0.2\sim 10.0\mu\text{m}$ 波段,该波段的辐射量占总辐射量的 99.9% 。由于长期以来并没有精确的测量表明太阳辐射的输出有显著程度的变化,因此太阳的输出被认为是一个常数,即太阳常数。太阳常数 I_0 定义为:在地球大气层外、距离太阳一个天文单位的地方、太阳直射(垂直于太阳光束方向)的单位面积上、在单位时间内接收到的所有波长的太阳辐射能量。它的值是 $8.16\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 。知道 I_0 数值后,就能计算出地球获得太阳辐射的数量,其值为 $1.74 \times 10^{17}\text{J}/\text{s}$,仅仅相当于太阳向宇宙空间辐射总能的 $1/22$ 亿。其实太阳辐射输出量并不是完全不变的,尤其是在太阳黑子异常活动的周期中,年平均辐射总量的变化为11年,太阳活动周期最大值与最小值差为 0.08% 的变化。

太阳活动是指在太阳大气层局部区域、在有限时间间隔内发生的各种物理过程的总称。主要表现为太阳黑子、光斑、耀斑等变化现象。其中,太阳黑子是太阳活动的明显标志,耀斑是太阳活动最急剧猛烈的形式。由于太阳辐射是地球气候形成的重要因素,因此由太阳活动引起的太阳辐射的改变,必然会导致气候相应的变化。有人研究,树木年轮的生长状况,是受当时的气温、降水的影响,它既记录着气候历史的变化,又反映了太阳活动的情况,与太阳活动11年周期相符。根据中国2000多年太阳黑子的记录,黑子的11年、22年或更长周期,与中国历史上大范围旱、涝灾害有很好的对应关系。

当代地球上最重要的能源——煤和石油,是由古生物被埋藏后演化而来的,其实就是长期积累的化石化了的太阳能。由于煤和石油中含有大量的碳元素,它们的积累过程同时就是一个固碳的过程。应该说,地球现在的大气环境是在太阳辐射能的驱动下,由生物有机体的不断改造作用形成的,从而使地球上出现生机盎然的局面。然而,人类对煤和石油的不断开发与燃烧利用,又使大量的碳以二氧化碳的形式返回到了大气,造成大气二氧化碳浓度的上升,使温室效应加



剧,全球气候变暖。

(二) 地球的形状对全球气候的影响

通常,地球的形状不是指地球自然表面的真实形状,而是指大地水准面的形状。所谓大地水准面,就是全球静止海面,它假设占地表四分之三的海洋表面完全处于静止的平衡状态,并把它延伸通过陆地内部所得到的全球性的连续的封闭曲面,曲面上处处与铅垂线垂直。地球的大地水准面经过精确测量表明,地球形状不是几何上的旋转椭球体,很难用简单的几何形状来表示地球的形状,地球的形状很不规则,只能说它是个不规则的扁球体。

地球的形状对全球气候有一定的影响。首先,地球是一个不透明的球体,由于接受同一光源(太阳)的照射,而形成半球性的白昼和黑夜,再加上地球的自转,可以使地球一方面不会因为加热的时间太长而过热,也不会因为冷却的时间太长而过冷,这可以使地表相同的纬度带均匀地受热,以维持地球表面一个比较恒定的温度。其次,地球与太阳之间的距离很远,因此可以把照射到地球上的太阳光线视作平行光线。当平行光线照射到球形地表时,在同一时刻,不同地点将具有不同的太阳高度。黄赤交角的存在,决定了这种高度有规律地从地球直射点向两极减小,在自转的地球上,就造成热量分布的纬度差异,从而引起地表上一切与热量有直接或间接关系的现象和过程均具有纬向地带性。

(三) 地球运动与气候的关系

1. 地球的自转

地球绕地轴自西向东旋转,称为地球自转。自转一周的时间即自转周期,叫做一日。地球自转主要在以下两个方面影响着全球气候:

(1)地球自转决定了昼夜更替,并使地表各种过程具有一昼夜的节奏。地球是不透明的,在太阳的照射下,向着太阳的半球,处于白昼状态,称昼半球;背着太阳的半球,处于黑夜状态,称夜半球。昼半球和夜半球的分界称为晨昏线。由于地球不停地自西向东旋转,使得昼夜半球和晨昏线也不断自东向西移动,这样就形成了昼夜的交替。有了昼夜的更替,太阳可以均匀加热地球,使地球表面的



温度维持在一定范围内,为地球上的生命活动创造了良好的生存环境。

(2)水平运动物体的偏转。地球自转,还导致地球上在任意方向水平运动的物体,都会与其运动的最初方向发生偏离。若以运动物体前进方向为准,北半球水平运动物体偏向右方,南半球偏向左方。水平运动物体的这种偏转,对大气环流和大洋环流有着重要的影响。大气环流形势的变化是导致气候变化和产生异常气候的重要因素。近几十年来出现的旱涝异常就与大气环流形势的变化有密切关系。大洋环流对高低纬度之间热能的输送和交换,对全球的热量平衡,有重大影响。一般来说,暖流流经的地区,气温增高,降水机会多;寒流流经的地区,气温降低,降水的机会极少。

2. 地球的公转

地球按照一定的轨道绕太阳自西向东运动,称为公转。地球公转的周期为一年。地球轨道是一个椭圆,太阳位于椭圆的两个焦点之一上。椭圆的最长直径叫长轴,最短直径叫短轴。长短轴之差称为焦点距。 $1/2$ 焦点距与半长轴之比,称为椭圆偏心率。偏心率愈接近于零,椭圆愈接近圆形。地球轨道偏心率约为0.017。

地球轨道面是在地球轨道上并通过地球中心的一个平面。地轴并不垂直于这个轨道面,而是与它成 $66^{\circ}33'$ 的交角。这就是说,对地球轨道面而言,地轴是倾斜的。太阳位于地球轨道面上,从地球上看来,太阳好像终年在这个平面上运动,这就是太阳的视运动。太阳视运动的路线叫做黄道,黄道所在的面就是黄道面,实际上黄道面和地球轨道面是重合的。地轴与地球轨道面的交角就是黄赤交角,赤道和黄道面相交的两个点称为春分点和秋分点。地轴的倾斜方向是固定不变的,因此太阳光只能直射地球上 $23^{\circ}27'N$ 和 $23^{\circ}27'S$ 以内的地方。地球绕太阳公转的结果,使太阳光线直射的范围在 $23^{\circ}27'N$ 和 $23^{\circ}27'S$ 之间作周期性变动,从而形成了四季的更替。

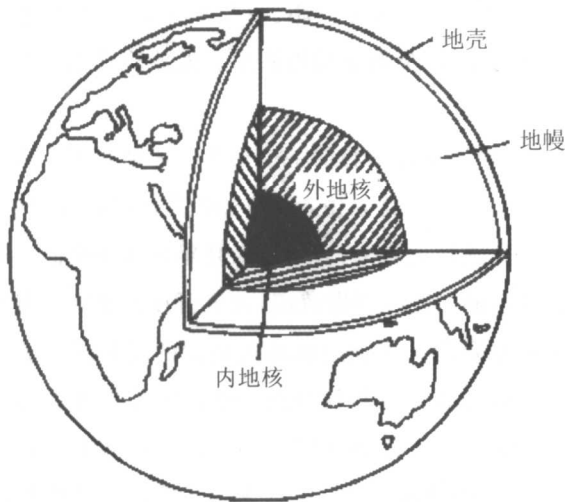
地球在公转轨道上接受太阳辐射能,在假定太阳辐射源强度不变的情况下,到达地球的太阳辐射量的变化主要是由于地球公转轨道天文参数的长期变化,即地球轨道偏心率、地轴倾斜度的变化以及岁差现象引起的。地球轨道偏心率在 $0.00\sim 0.06$ 之间,周期约为96000年;地轴倾斜度变化在 $21.6^{\circ}\sim 24.5^{\circ}$ 之间,

周期约为 41 000 年；春分点沿黄道向西缓慢移动，大约每 23 000 年春分点绕地球轨道一周。这三个轨道要素的不同周期的变化，不但各自影响地球接受太阳辐射量的变化，而且还同时对气候产生影响。米兰柯维奇曾综合这三者的作用计算出 65°N 纬度上夏季太阳辐射量在 60 万年内的变化，并用相对纬度来表示，据此解释了第四纪各次亚冰期和亚间冰期的发生及其相互交替变化。

(四) 地球结构和全球气候的关系

1. 地球的内部构造

地球的内部结构决定了其内部运动状态，地球内部动力作用引起的地壳结构改变是非常剧烈的，它对全球气候及人类生存环境均具有重大的影响，如火山活动。地球固体地表以内的构造可以根据地内不连续面分为三层，即地壳、地幔和地核(图 1—2)。



地壳：是指地表至第一个不连续面(莫霍面)之间的圈层。地壳的平均厚度约 24.4km，但厚度的变化很大，各地不同。

地幔：是指莫霍面到 2 900km 深处的第二个不连续面(古登堡面)之间的圈层。根据地幔物质组成的差异，又可分为上地幔和下地幔。莫霍面到 1 000km 深处的范围为上地幔，主要物质是橄榄岩，所以上地幔又称为橄榄岩带。

图 1—2 地球的内部结构(据潘树荣,1985)

其中 70~350km 范围的岩石温度可能接近熔点，或者有局部物质呈熔融态，这一层次称为软流圈。由 1 000~2 900km 的范围，为下地幔，组成物质为镁、铁及金属氧化物，硫化物增多，所以下地幔又称为金属矿带。